

SS 1:
de2551525/pn

SS 1 RESULT (1)

SS 2?
prt fu ind ss 1

**FOR INTERNAL
USE ONLY © DERWENT
PUBLICATIONS LIMITED
1991**

-1- (WPAT)
ACCESSION NUMBER
TITLE

76-30204X/17
Extrusion of thermoplastic pipe -
incorporating circumferentially oriented
fibres by extrusion between spinning die
walls

DERWENT CLASSES
PATENT ASSIGNEE
PRIORITY
NUMBERS
PUBLICATION DETAILS

A32 A88 Q67
(ALKU) AKZO NV
74.11.20 74NL-015100
6 patent(s) 6 country(s)
BE-835752 A 76.03.16 * (7617)
DE2551525 A 76.05.26 (7623)
NL7415100 A 76.05.24 (7623)
SE7512991 A 76.06.14 (7627)
FR2335773 A 77.08.19 (7742)
IT1048668 B 80.12.19 (8114)

SECONDARY INT'L. CLASS.
ABSTRACT

B29D-023/04 FI6L-009/12
BE-835752 A
Tubing having thermoplastic walls
incorporating individual fibres 0.2-5 mm long
comprising 5-45% volume of the wall structure
and with the fibre axes oriented at >5, pref.
45-90 degrees to the longitudinal axis of the
pipe. The tubing is made by extruding fibre
filled resin between an extrusion die sleeve
and a die core mandrel each rotating in
opposite directions. Method is esp. for mfr.
of reinforced pipes with an internal dia. of
400-1000 mm and having a short term, hoop
strength of >4, pref. 16 kN/cm² and a long
term (50 year) hoop strength of pref. 12
kN/cm².

103 10/11/65

3

12/09/68
2

⑤

Int. Cl. 2:

F 16L 9/12

B 29 D 23/05

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES



PATENTAMT

Patentamt
Patentamt

⑪

Offenlegungsschrift 25 51 525

⑫

Aktenzeichen:

P 25 51 525.7

⑬

Anmeldetag:

17. 11. 75

⑭

Offenlegungstag:

26. 5. 76

⑯

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

20. 11. 74 Niederlande 7415100

⑤④

Bezeichnung:

Faserverstärkte Rohre, Verfahren und Vorrichtung zu deren Herstellung

⑦①

Anmelder:

Akzo GmbH, 5600 Wuppertal

⑦②

Erfinder:

Vegt, Geert, Arnheim (Niederlande)

PTO 2001-265

S.T.I.C. Translations Branch

51525 A1

2551525

Pos. A3KU2163o

**Faserverstärkte Rohre, Verfahren und
Vorrichtung zu deren Herstellung.**

A k z o N.V.

Arnhem

Die Erfindung betrifft faserverstärkte Rohre, wobei die Fasern innerhalb einer Matrix eines thermoplastischen Materials verteilt und hauptsächlich so ausgerichtet sind, daß deren Projektion auf zur Längsachse der Rohre konzentrische Flächen unter einem Winkel zur Längsachse verläuft. Die Erfindung bezieht sich ebenfalls auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung solcher Rohre.

Es sind bereits derartige Rohre und auch Verfahren und Vorrichtungen für die Herstellung solcher Rohre bekannt, beispielsweise aus der US-PS 2 973 783. Obgleich unter bestimmten Umständen die bekannten Rohre bereits in vielen Fällen genügen, so sind sie doch nicht für alle Anwendungen geeignet, besonders dann nicht, wenn erhöhte Anforderungen gestellt werden. Aus diesem Grunde greift man oft auf Rohre aus Beton oder Asbestzement oder auf aus mit Fäden gewickelte Rohre zurück, wobei die zuletzt genannten Rohre hauptsächlich aus einer Matrix aus Epoxidharz be-

- 2 -

sind. Ein solches Verfahren bei dem rohrförmige Produkte aus Kunststoff mittels einer rotierenden Düse hergestellt werden, ist aus der NL-OS 6 803 777 bekannt. Hier sind die endlosen Polyesterfäden so orientiert, daß sie einen Winkel mit der Längsachse des Rohres bilden. Darüberhinaus beschreibt auch die NL-OS 6 802 285 ein Verfahren zur Herstellung eines rohrartigen Mehrschichtfilms unter Verwendung eines Extrusionsspalt mit einer sich drehenden Wandung. Die Rohre aus Beton oder Asbestzement lassen sich nur schwer handhaben, und ausserdem ist deren Transport ziemlich teuer. Die aus Fäden gewickelten Rohre sind einmal wegen des umständlichen Herstellungsverfahrens ungünstig und zum anderen auch deshalb, weil man sie mit relativ großen Wandstärken herstellen muß, um eine bestimmte Festigkeit zu erreichen.

Die Aufgabe der Erfindung bestand in der Schaffung von Rohren der obengenannten Art, die aber deren Nachteile nicht mehr aufweisen und höchsten Ansprüchen genügen.

Gelöst wird die Aufgabe dadurch, daß die Länge der Verstärkungsfasern im Bereich von 0,2-5mm, der Volumenanteil im Bereich von 5-45% des Rohrmaterials liegt und der spitze Winkel zwischen den Längsachsen der Fasern und der Längsachse des Rohres wenigstens $5-10^{\circ}$ und vorzugsweise $45-90^{\circ}$ beträgt.

Durch eine besondere Wärmebehandlung lassen sich Rohre nach der Erfindung in ihrer Kristallinität beeinflussen, beispielsweise so, daß die Kristallinität der thermoplastischen Matrix praktisch in radialer Richtung durch die gesamte Dicke der Rohrwandung konstant bleibt.

- 3 -

Günstige Ergebnisse aber können erwartet werden, wenn in radialer Richtung der verstärkten Rohre gemäß der Erfindung die Kristallinität der thermoplastischen Matrix sich innerhalb der Wandstärke der Rohre ändert, so von 5-10% an der inneren und/oder äußeren Oberfläche des Rohres zu etwa 60-70% in der Mitte der Rohrwandung. Es ist ebenfalls von Vorteil, wenn dem Ausgangsmaterial Nukleierungsmittel zugesetzt werden. Auf diese Weise werden die günstigen Festigkeitseigenschaften des kristallinen Materials mit der günstigen Glätte des Materials an der Oberfläche vereint.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, daß die Winkel zwischen der Längsrichtung der Fasern und der Längsachse des Rohres sich innerhalb des Querschnitts der Rohrwandung ändert. Diese Änderung führt dann zu guten Ergebnissen, wenn sich die Längsrichtung der Fasern an der Außenfläche des Rohres mit der Längsrichtung der Fasern in der Nähe der Innenfläche des Rohres kreuzt.

Günstige Ergebnisse werden besonders dann zu erwarten sein, wenn der Innendurchmesser der Rohre nach der Erfindung in dem Bereiche von 400-1000mm liegt.

Als thermoplastisches Matrixmaterial können vorteilhafterweise die im folgenden genannten thermoplastischen synthetischen Materialien Verwendung finden: Polyester aus gesättigten Diolen und aromatischen Dicarboxylsäuren, wie Polyäthylenterephthalat oder Polybutylenterephthalat; Polyhexamethylenadipamid, Polypropylen oder Polyvinylchlorid.

Die Verstärkungsfasern gemäß der Erfindung bestehen aus verstreckten Fäden und vorzugsweise werden solche aus Glas verwendet.

Gekennzeichnet ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch, daß bevor der Polymerstrom die Kühleinrichtung erreicht, dieser durch eine Bremszone geleitet wird, in welcher die Rotation des Polymerstromes sowohl innen als auch außen abgebremst wird und daß die Abbremsung durch Reibungskontakt erzielt wird.

Das Verfahren nach der Erfindung kann in einfacher Weise so ausgeführt werden, daß die Abbremsung durch feststehende Kontaktflächen, die mit dem Polymerstrom in Berührung gebracht werden, erfolgt, wobei sich die Bremszone in axialer Richtung des Rohres über eine Entfernung von wenigstens 3mm aber nicht mehr als 15mm und vorzugsweise 5mm erstreckt und daß die Bremszone in direkter Verbindung mit dem ringförmigen Extrusionsspalt steht, dessen innere Wand und äußere Wand in entgegengesetzten Richtungen rotieren.

Eine günstige Ausbildungsform des Verfahrens nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangsgeschwindigkeit des Polymerstroms infolge der Rotation wenigstens dreimal, vorzugsweise zehnmal so hoch ist wie die axiale Extrusionsgeschwindigkeit des Polymerstroms in der Bremszone.

Gegenstand der Erfindung ist ebenfalls eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens zur Herstellung der erfindungsgemäßen Rohre, wobei die Vorrichtung aus einem Gehäuse mit einem Extrusionsspalt besteht, an dessen Eingang ein Anschluß für mit Fasern vermisches geschmolzenes Polymer angeordnet ist und dessen Auslaßende an einer Kalibrier- und Kühleinrichtung angeschlossen ist, wobei die Innen- und die Außenwandung des Extrusionsspaltess drehbar gelagert und mit Antrieben für die Rotation in entgegengesetzten Richtungen versehen sind. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Auslaß des Extrusionsspaltess mit

einer nicht drehbaren Bremszone verbunden ist, die vor der Kühleinrichtung angeordnet ist und eine axiale Länge von 3-15mm, vorzugsweise 5mm aufweist.

Eine günstige Ausbildungsform der Vorrichtung nach der Erfindung besteht darin, daß die Innen- und Außenwand der Bremszone je von einem feststehenden Ring gebildet wird, wobei der äußere Ring von einem in radialer Richtung, insbesondere mit Hilfe von Justierschrauben verstellbaren Ring gebildet wird.

Die Erfindung soll an Hand der schematischen Zeichnungen näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt die perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen verstärkten Rohres.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt entlang der Linie II-II in Fig. 3 des wesentlichen Teiles der Vorrichtung zur Herstellung des erfindungsgemäßen Rohres.

Fig. 3 zeigt die Vorderansicht der Vorrichtung gem. Fig. 2.

In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes verstärktes Rohr im allgemeinen mit 1 bezeichnet. Das Rohr besteht aus einer Matrix oder Grundmasse 2 des thermoplastischen Kunststoffes, beispielsweise Polyäthylenterephthalat. In der Matrix 2 sind Glasfasern dabei etwa gleichmäßig verteilt. Normalerweise sind Glasfasern mit bloßem Auge kaum, wenn überhaupt, erkennbar. Um jedoch ihre Lage in der Matrix anzugeben, sind sie in der Fig. 1 in den Zonen 4 und 4' in größerem Maßstab wiedergegeben. Es ist deutlich erkennbar, daß die Winkel zwischen den Längsrichtungen d r Glasfasern und der Längsachse 5 des Rohres 1 im Bereich von 45-90° liegen.

- 7 -

Während die Zone 4 mehr an der Außenkante der Rohrwandung liegt, liegt die Zone 4' mehr an der Innenkante der Wandung des Rohres. Infolge der entgegengesetzten Rotation im Extrusionsspalt während der Herstellung des Rohres schneiden sich die Richtungen der Fasern 3 in den Zonen 4 und 4' miteinander.

Fig. 2 ist ein Querschnitt und Fig. 3 eine Vorderansicht des Extrusionsteiles einer Vorrichtung zur Herstellung der in Fig. 1 gezeigten Rohre. Den wichtigsten Teil dieser Vorrichtung bildet der ringförmige Extrusionsspalt 6, der zwischen konzentrischen Innen- und Außenwandungen angeordnet ist. Der mit Glasfasern vermischte thermoplastische Kunststoff wird längs des Pfeiles 7 über den Einlaß 8 dem etwas weiteren Einlaß 9 des ringförmigen Extrusionsspalt 6 zugeführt. Der Einlaß 8 ist in einem feststehenden Gehäuseteil 10 angeordnet, welches mittels Ring 11 und Bolzen 12 an dem festen Rahmen 13 befestigt ist. In dem Gehäuseteil 10 ist ein Kern, der aus den zwei Teilen 14 und 15 besteht, die mit dem Bolzen 16 aneinander befestigt sind, drehbar gelagert. Der Kern 14, 15 ist (am linken Ende in Fig. 2 dargestellt) in Kugellagern 17 im Rahmen gelagert. Auf dem Kern 14, 15 ist an der gleichen Seite eine Buchse 18 befestigt, auf der ein Kettenrad 19 angeordnet ist. Über das Kettenrad 19 kann das Kernteil 15, das einen großen Teil der Innenwand des Extrusionsspalt 6 bildet, mit der gewünschten Geschwindigkeit in Rotation gesetzt werden.

Die Außenwand des Extrusionsspalt 6 wird zu einem großen Teil von der Innenseite des ringförmigen Rades 20 gebildet, das mit einem Zahnkranz 21 versehen ist. Über ein Ritzel 22 und das Zahnrad 23 wird der Zahnkranz 21 in Rotation versetzt, wobei die Welle 24 des Zahnrades 23 mit

Hilfe des Kettenrades 25 angetrieben wird. Dadurch, daß das Rad 20 und der Kern 15 mit einer geeigneten Drehzahl in entgegengesetzten Richtung gedreht werden, kann die gewünschte Rotation des mit Fasern vermischten thermoplastischen Kunststoffstromes erzielt werden. Beiderseits des Zahnkranzes 21 ist das Rad 20 mit Kragen 26 und 27 versehen. Das Rad 20 ist dadurch drehbar gelagert, daß die Kragen 26 und 27 an vier Punkten unter einem Winkelabstand von 90° durch vier Paar Kugellager 28, 29 gestützt werden. Jedes Kugellagerpaar ist auf einer Stützachse 30 befestigt, von denen somit vier in gegenseitigem Winkelabstand von 90° angeordnet sind. Jede der vier Stützachsen 30, von denen in Fig. 2 nur zwei erkennbar sind, ist in einem festen Gehäuseteil 31 montiert, das mit Bolzen 32 an dem Gehäuseteil 10 befestigt ist.

✓ An seinem Umfang ist das Gehäuseteil 10 an der umschließenden Mantelplatte 33 angebracht, die ihrerseits an der Stirnplatte 34 angeschweißt ist. Mit Hilfe einer Platte 35 trägt die Stirnplatte 34 das Gleitlager 36 der Welle 24. Im Inneren der ringförmigen Stirnplatte 34 befindet sich der Stellring 37, der in axialer Richtung mit Hilfe von vier Klemmplatten (vergl. Fig. 3) verankert ist. Mit vier Stellschrauben 39 kann der Stellring 37 in radialer Richtung eingestellt werden. Die innere Wand des Stellringes 37 bildet die äußere Wand des Endteils des Extrusionsspalt 6.

Dieses Endteil des Extrusionsspalt 6 bildet die sogenannte Bremszone 40. Die Innenwandung der Bremszone 40 wird durch die Außenwandung der feststehenden Platte 41 gebildet, die mit Hilfe des zentralen Bolzens 42 und des angeflanschten Rohres (vergl. Fig. 2) an dem Rahmen festgehalten wird. Die Bremszone 40 besitzt eine axiale Länge von mindestens 5 mm.

Beim Betrieb der in der Zeichnung dargestellten Vorrichtung wird eine mit Glasfasern vermischte plastifizierte Polyäthylenterephthalatmasse unter Druck aus einer Schneckenpresse (nicht gezeigt) in Richtung des Pfeiles 7 dem ringförmigen Extrusionsspalt 6 zugeführt. In dem Extrusionsspalt 6 wird das Material in Drehung versetzt, was dazu führt, daß die Glasfasern derart orientiert werden, daß ihre Längsachsen mit der Längsachse des Ringspaltes einen Winkel bilden und daher unter einem Winkel mit der Längsachse des zu bildenden Rohres ausgerichtet werden. Dadurch, daß die Innen- und die Außenwandung des Ringspaltes in entgegengesetzter Richtung rotieren, kreuzen sich die Fasern in dem ringförmigen Polymerteilstrom, der die innere Hälfte der Wand bildet mit denjenigen in dem Polymerteilstrom, der die äußere Hälfte der Wand bildet. Im Extrusionsspalt wird das Formmaterial im plastischen Zustand gehalten, dadurch daß das Gehäuse in entsprechender Weise erwärmt wird. Am rechten Ende (Fig. 2) des Extrusionsspaltess gelangt das Formmaterial in die Bremszone 40, deren Wandungen sich nicht drehen, so daß die in der vorhergehenden Zone zustandegedachte Drehung des Formmaterials abgebremst wird. Beim Verlassen der Bremszone 40 gelangt das noch plastische Rohr in eine unmittelbar an die Bremszone 40 sich anschließende, nicht gezeigte, an sich bekannte Kalibrier- und Kühleinrichtung, in der das frisch extrudierte Rohr auf das richtige Endmaß gebracht und abgekühlt wird.

- 10 -

Patentansprüche.

1. Faserverstärkte Rohre, wobei die Fasern innerhalb einer Matrix eines thermoplastischen Materials verteilt und hauptsächlich so ausgerichtet sind, daß deren Projektion auf zur Längsachse der Rohre konzentrische Flächen unter einem Winkel zur Längsachse verläuft, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Verstärkungsfasern im Bereich von 0,2-5mm, der Volumenanteil an Fasern im Bereich von 5-45% des Rohrmaterials liegt und der spitze Winkel zwischen den Längsachsen der Fasern und der Längsachse des Rohres wenigstens $5-10^{\circ}$ und vorzugsweise $45-90^{\circ}$ beträgt.
2. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kristallinität des thermoplastischen Matrixmaterials in der Rohrwandung in radialer Richtung konstant ist.
3. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kristallinität des thermoplastischen Matrixmaterials innerhalb der Rohrwandung in radialer Richtung unterschiedlich ist.
4. Verstärkte Rohre nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kristallinität des thermoplastischen Materials von etwa 5-10% an der inneren und/oder äußeren Oberfläche der Rohrwandung bis etwa 60-70% in der Mitte der Rohrwand ansteigt.

- 11 -

5. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-4 dadurch gekennzeichnet, daß sich der Winkel zwischen der Längsrichtung der Fasern und der Längsachse des Rohres über die Dicke der Rohrwand ändert.
6. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel zwischen der Längsrichtung der Fasern und der Längsachse des Rohres sich so innerhalb der Rohrwand ändert, daß die Längsrichtung der Fasern an der Außenfläche des Rohres sich mit der Längsrichtung der Fasern in der Nähe der Innenfläche des Rohres kreuzt.
7. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser des Rohres im Bereich von 400-1000mm liegt.
8. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-7 dadurch gekennzeichnet, daß das thermoplastische Matrixmaterial Polyester aus gesättigten Diolen und aromatischen Dicarboxylsäuren ist.
9. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-8 dadurch gekennzeichnet, daß der Polyester im wesentlichen Polyäthylenterephthalat ist.
10. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-8 dadurch gekennzeichnet, daß der Polyester im wesentlichen Polybutylenterephthalat ist.
11. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-7 dadurch gekennzeichnet, daß das thermoplastische synthetische Matrixmaterial aus Hexamethylenadipamid ist.

12. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-7 dadurch gekennzeichnet, daß das thermoplastische synthetische Material Polypropylen ist.
13. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-7 dadurch gekennzeichnet, daß das thermoplastische Matrixmaterial Polyvinylchlorid ist.
14. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-13 dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern Glasfasern sind.
15. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-13 dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkung von Kohlenstoff-Fasern gebildet wird.
16. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-13 dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkung von Fasern aus Poly-parabenzamid gebildet wird.
17. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-13 dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkung von Fasern aus Polyparaphenylenterephthalamid gebildet wird.
18. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-17 dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkungsfasern aus verstreckten Fäden bestehen.
19. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-18 dadurch gekennzeichnet, daß senkrecht zur Längsrichtung des Rohres die Kurzzeitzugfestigkeit wenigstens 4kN/cm^2 beträgt.
20. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 8, 9 oder 10 dadurch gekennzeichnet, daß senkrecht zur Längsrichtung des Rohres die Kurzzeitzugfestigkeit wenigstens 10kN/cm^2 vorzugsweise 16kN/cm^2 beträgt.

21. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-20 dadurch gekennzeichnet, daß senkrecht zur Längsrichtung des Rohres die Langzeitzugfestigkeit, extrapoliert auf 50 Jahre, wenigstens $7,5 \text{ kN/cm}^2$ und vorzugsweise 12 kN/cm^2 beträgt.
22. Faserverstärkte Rohre nach Anspruch 1-21 dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr an der Innenseite und/oder an der Außenseite mit einer dünnen Schicht aus einem unterschiedlichen thermoplastischen Kunststoff versehen ist.
23. Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Rohren nach Anspruch 1-22, wobei die Fasern in einer Matrix eines thermoplastischen synthetischen Materials verteilt und so orientiert sind, daß ihre Längsrichtung mit der Längsachse der Rohre einen Winkel bildet, wozu ein thermoplastisches Polymer mit Fasern gemischt und unter Druck dem Einlaß eines ringförmigen Extrusionsspaltes zugeführt und durch in entgegengesetzten Richtungen rotierende Innen- und Außenwandung des Extrusionsspaltes in Rotation gebracht wird, dann auf der entgegengesetzten Seite des Extrusionsspaltes der Polymerstrom ausgepreßt und mit Hilfe einer Kalibriereinrichtung zu einem Rohr mit dem gewünschten Durchmesser verformt und gekühlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß bevor der Polymerstrom die Kühleinrichtung erreicht, dieser durch eine Bremszone geleitet wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23 dadurch gekennzeichnet, daß die Rotation des Polymerstromes sowohl innen als auch außen abgebremst wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24 dadurch gekennzeichnet, daß die Abbremsung durch Reibungskontakt mit dem Polymerstrom erzeugt wird.
26. Verfahren nach Anspruch 23-25 dadurch gekennzeichnet, daß die Abbremsung durch feststehende Kontaktflächen, die mit dem Polymerstrom in Berührung gebracht werden, erfolgt.
27. Verfahren nach Anspruch 23-26 dadurch gekennzeichnet, daß die Bremszone sich in axialer Richtung des Rohres über eine Entfernung von wenigstens 3mm, aber nicht mehr als 15 mm erstreckt.
28. Verfahren nach Anspruch 27 dadurch gekennzeichnet, daß die Entfernung in axialer Richtung der Bremszone etwa 5 mm beträgt.
29. Verfahren nach Anspruch 23-28 dadurch gekennzeichnet, daß die Bremszone in direkter Verbindung mit dem ringförmigen Extrusionsspalt steht, dessen innere und äußere Wand in entgegengesetzten Richtungen rotieren.
30. Verfahren nach Anspruch 23-29 dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangsgeschwindigkeit des Polymerstromes infolge der Rotation wenigstens dreimal so hoch ist wie die axiale Extrusionsgeschwindigkeit des Polymerstroms in der Bremszone.
31. Verfahren nach Anspruch 30 dadurch gekennzeichnet, daß die genannte Umfangsgeschwindigkeit zehnmal so hoch ist wie die axiale Extrusionsgeschwindigkeit des Polymerstroms in der Bremszone.

16

Leerseite

FIG. 1

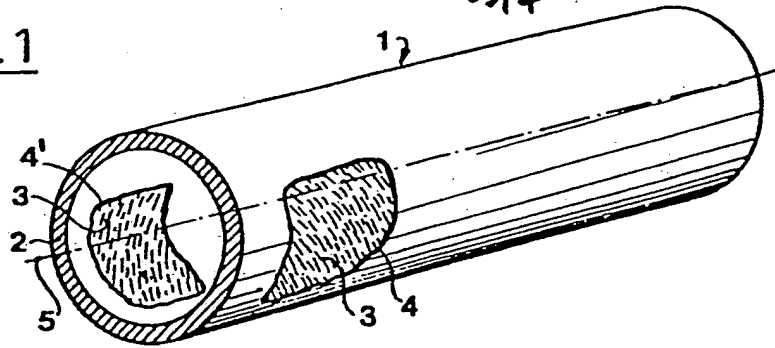


FIG. 2

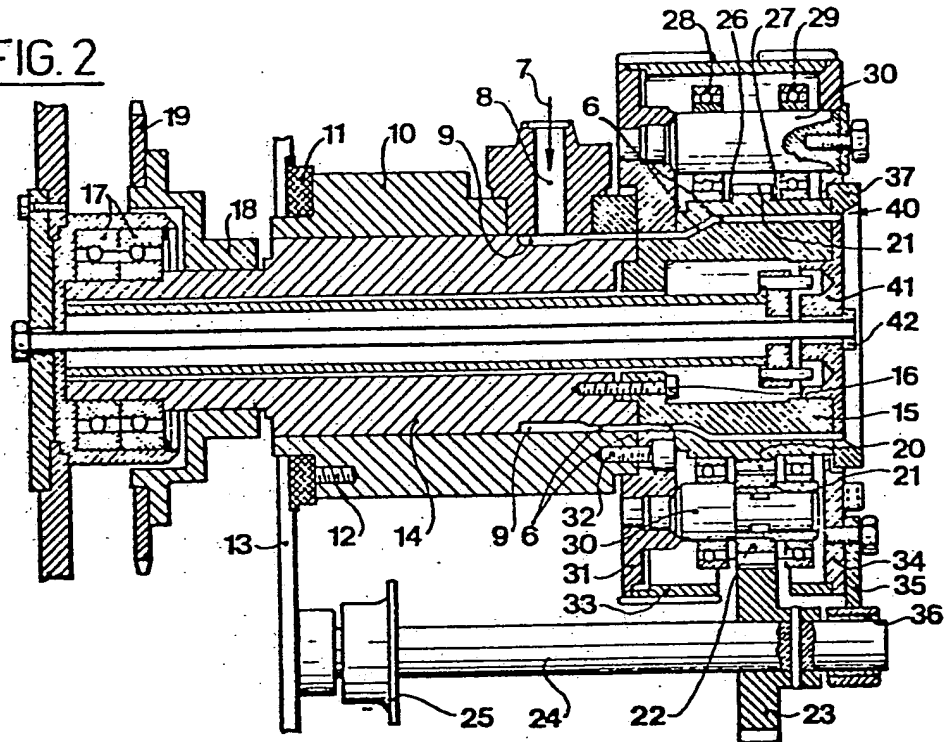
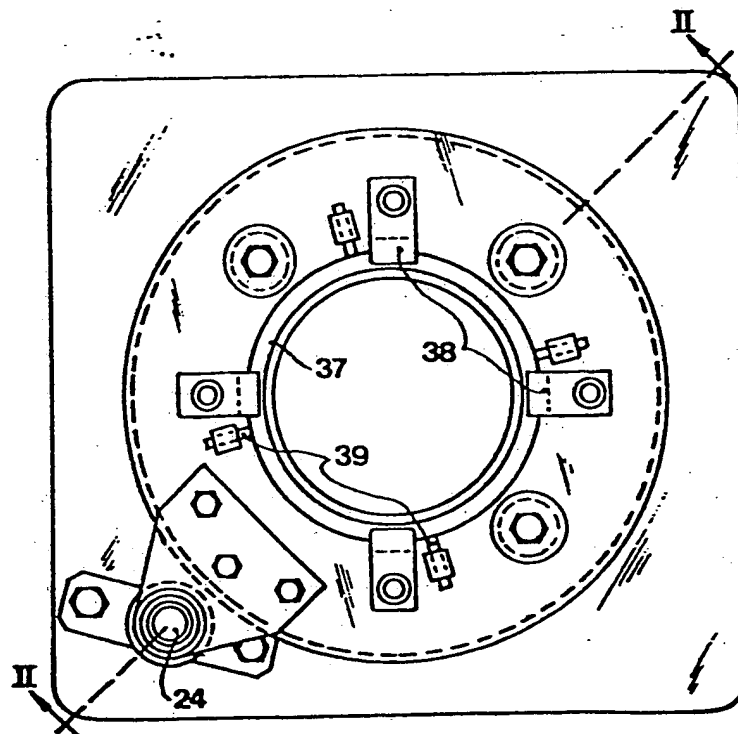


FIG. 3



FIBER REINFORCED PIPES, PROCESS, AND ARRANGEMENT
FOR THEIR PRODUCTION
[Faserverstaerkte Rohre, Verfahren und Vorrichtung
zu deren Herstellung]

Geert Vegt

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
Washington, D.C. November 2000

Translated by: Schreiber Translations, Inc.

Country : Germany
Document No. : 25 51 525
Document Type : Patent application
Language : German
Inventor : Geert Vegt
Applicant : Akzo GmbH
IPC : F16L 9/12
Application Date : 17 November 1975
Publication Date : 26 May 1976
Foreign Language Title : Faserverstaerkte Rohre, Verfahren
und Vorrichtung zu deren
Herstellung
English Title : **FIBER REINFORCED PIPES, PROCESS, AND
ARRANGEMENT FOR THEIR PRODUCTION**

**Fiber Reinforced Pipes, Process, and Arrangement
for their Production**

Akzo N.V.

Arnhem

The invention concerns fiber reinforced pipes wherein the fibers are distributed inside a matrix of thermoplastic material and are mainly arranged so that their projection on surfaces concentric with the longitudinal axis of the pipes runs at the angle to the longitudinal axis. The invention concerns also a process and an arrangement for producing such pipes.

Pipes of this kind and also processes and arrangements for the production of such pipes are already known, for example, from United States patent 2,973,783. Even though under certain circumstances the known pipes are in many cases sufficient, they are not suitable for all applications, especially then not when increased demands are set. For this reason, pipes made of concrete or asbestos cement or also wound around with threads are often used, while these pipes consist mainly of a matrix of epoxy resin in which the screw-shaped endless threads are imbedded.

/2

Processes in which pipe-shaped products are produced of plastic by means of a rotating nozzle are known from Dutch patent publication 6,803,777. Here, the endless polyester threads are

¹ Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

oriented in such a way that they form an angle with the longitudinal axis of the pipe. Furthermore, Dutch patent publication 6,802,285 also describes a process for producing a pipe-like multilayer film by using an extrusion slit with a rotating wall. The pipes made of concrete or asbestos cement are difficult to handle and their transportation is also quite expensive. The pipes made of wound threads are, on the one hand, disadvantageous because of their complicated production process and, on the other hand, also because they must be produced relatively large to obtain a specific strength.

The object of the invention consists in the procurement of pipes of the above kind, which however do not have their disadvantages and can stand up to the highest requirements.

The object is attained in that the length of the reinforcement fibers lies in the range of 0.2-5 mm, the volume content lies in the range of 5-45% of the pipe material, and the acute angle between the longitudinal axes of the fibers and the longitudinal axes of the pipe amounts to at least 5-10° and preferably to 45-90°.

Via a specific heat treatment, the pipes according to the invention can be influenced in their crystallinity, for example, so that the crystallinity of the thermoplastic matrix remains practically constant in the radial direction throughout the entire thickness of the pipe wall. /3

Advantageous results, however, can be expected when in the radial direction of the reinforced pipes according to the invention the

crystallinity of the thermoplastic matrix changes within the wall thickness of the pipes, for example, from about 5-10% at the inner and/or outer surface of the pipe to about 60-70% in the center of the pipe wall. It is also advantageous when the raw material is exposed to nucleating substances. In this way, the advantageous strength properties of the crystalline material are added to the advantageous smoothness of the material on the surface.

A preferred embodiment of the invention consists in that the angle between the longitudinal direction of the fibers and the longitudinal axis of the pipe change within the cross section of the pipe wall. This change leads then to good results when the longitudinal direction of the fibers on the outer surface of the pipe intersects with the longitudinal direction of the fibers in the vicinity of the inner surface of the pipe.

Advantageous events are particularly then to be expected when the inner diameter of the tubes lies according to the invention in the range of 400-1,000 mm.

As thermoplastic matrix material can be used advantageously with the thermoplastic synthetic materials named in the following: polyester of saturated diols and aromatic dicarboxylic acids such as polyethylene terephthalate or polybutylene terephthalate, polyhexamethylene adipamide, polypropylene, or polyvinyl chloride.

The reinforcement fibers according to the invention are made of stretched threads and preferably those made of glass are used.

/4

Suitable are also carbon fibers or fibers of polyparabenzamide or polyparaphenylene terephthalamide.

A preferred embodiment of the pipe according to the invention is characterized in that the pipe material has in the direction vertical to the longitudinal direction of the pipe a short-term tensile strength which amounts to at least from 4 KN/cm² to 10 KN/cm², preferably 16 KN/cm², and in that the pipe material has in the direction vertical to the longitudinal direction a long-term tensile strength extrapolated over 50 years which amounts to at least 7.5 KN/cm², preferably 12 KN/cm².

The reinforced pipe according to the invention can be provided on the inside and/or on the outside with a thin layer of a different thermoplastic plastic.

The invention concerns also a process for the production of pipes reinforced with fibers, wherein the fibers are distributed in a matrix of a thermoplastic synthetic material and are oriented so that their longitudinal direction builds an angle with the longitudinal axis of the pipes. The process consists in that a thermoplastic polymer is mixed with fibers and is fed under pressure to the inlet of a ring-shaped extrusion slit and is brought into rotation via the inner and outer wall of the extrusion slit which rotate in opposite directions. The polymer flow is pressed on the opposite side of the extrusion slit and

with the aid of a calibration device is shaped and cooled into a pipe with the desired diameter. /5

The process according to the invention is characterized in that, before the polymer flow reaches the cooling device, it is fed through a braking zone, in which the rotation of the polymer flow is slowed inside as well as outside and in that the slowing is achieved via friction contact.

The process according to the invention can be carried out in such a simple way that the slowing takes place via fixed contact surfaces which are brought into contact with the polymer flow, while the braking zone extends in axial direction to the pipe over a distance of at least 3 mm, but for no more than 15 mm, preferably 5 mm, and in that the braking zone is in direct connection with the ring-shaped extrusion slit whose inner wall and outer wall rotate in opposite directions.

An advantageous embodiment of the process according to the invention is characterized in that the peripheral speed of the polymer flow, due to the rotation, is at least three times, preferably ten times, as high as the axial extrusion speed of the polymer flow in the braking zone.

The object of the invention is also an arrangement for carrying out the process for producing the pipes according to the invention, wherein the arrangement consists of a housing with an extrusion slit at whose inlet is arranged a connection for a molten polymer mixed with fibers and whose outlets are connected to a calibration and cooling device, wherein the inner and the

outer wall of the extrusion slit are rotatably mounted and are provided with drives for the rotation in opposite directions. The arrangement according to the invention is characterized in that the outlet of the extrusion slit is connected to a non-rotatable braking zone, which is /6 arranged ahead of the cooling device and which has an axial length of 3-15 mm, preferably 5 mm.

An advantageous embodiment of the arrangement according to the invention consists in that the inner and outer wall of the braking zone is formed by a fixed ring, while the outer ring is formed by a ring which is adjustable in the radial direction, especially with the aid of adjusting screws.

The invention will now be explained with reference to the schematic drawings, wherein

Fig. 1 shows the perspective illustration of a pipe reinforced according to the invention,

Fig. 2 shows a cross section along line II-II of Fig. 3 of the essential part of the arrangement for producing the pipe according to the invention, and

Fig. 3 shows the front view of the arrangement according to Fig. 2.

In Fig. 1, a pipe reinforced according to the invention is designated generally with numeral 1. The pipe consists of a matrix or ground mass 2 of thermoplastic plastic, for example, polyethylene terephthalate. In the matrix 2, glass fibers are approximately evenly distributed. Normally, the glass fibers can hardly be seen, if at all, with the human eye. To show their

position in the matrix, they are shown in a larger scale in the zones 4 and 4' of Fig. 1. It can be clearly seen that the angle between the longitudinal directions of the glass fibers and the longitudinal axis 5 of the pipe 1 lie in the range of 45-90°. /7

While the zone 4 lies rather on the outer edge of the pipe wall, the zone 4' lies rather on the inner edge of the wall of the pipe. Due to the opposite rotation in the extrusion slit during the production of the pipe, the directions of the fibers 3 intersect each other in the zones 4 and 4'.

Fig. 2 is a cross section and Fig. 3 is a front view of the extrusion part of an arrangement for producing the pipes shown in Fig. 1. The most important part of this arrangement is formed by the ring-shaped extrusion slit 6, which is arranged between concentric inner and outer walls. The thermoplastic plastic mixed with the glass fibers is guided along the arrows 7 via the inlet 8 to the somewhat wider inlet 9 of the ring-shaped extrusion slit 6. The inlet 8 is arranged in a fixed housing part 10, which is attached by means of a ring 11 and a bolt 12 to a fixed frame 13. In the housing part 10 is rotatably mounted a core, which consists of two parts 14 and 15 which are attached to each other with the bolt 16. The core 14, 15 (shown on the left side of Fig. 2) is mounted in ball bearings 17 in the frame. On the core 14, 15, on the same side, is attached a bushing 18, on which a sprocket wheel 19 is arranged. Via the sprocket wheel 19, the core part 15, which forms a large part of the inner wall

of the extrusion slit 6, can be set at the desired speed of rotation.

The outer wall of the extrusion slit 6 is formed for the large part by the inner side of the ring-shaped wheel 20, which is provided with a spur gear 21. Via a pinion 22 and the toothed wheel 23, the spur gear 21 is set into rotation, while the shaft 24 of the toothed wheel 23 is driven with /8
the aid of the sprocket wheel 25. Because the wheel 20 and the core 15 are rotated with a suitable rpm in opposite directions, the desired rotation of the thermoplastic plastic flow mixed with fibers can be achieved. On both sides of the spur wheel 21, the wheel 20 is provided with collars 26 and 27. The wheel 20 is rotatably mounted in that the collars 26 and 27 are held at four points at an angular distance of 90° via pairs of ball bearings 28, 29. Each ball bearing pair is attached on a support axis 30, of which, therefore, four are arranged at opposite angular distances of 90° . Each one of the four support axes 30, of which in Fig. 2 only two can be seen, is mounted in a fixed housing part 31, which is attached with bolts 32 to the housing part 10.

At its periphery, the housing part 10 is attached to the enclosing cover plate 33, which in turn is welded on the face plate 34. With the aid of a plate 35, the face plate 34 carries the plain bearing 36 of the shaft 24. In the inside of the ring-shaped front plate 34 is accommodated the positioning ring 37, which is anchored in the axial direction with the aid of four clamping plates (compare with Fig. 3). With four adjusting

screws 39, the positioning ring 37 can be adjusted in radial direction. The inner wall of the positioning ring 37 forms the outer wall of the end part of the extrusion slit 6.

This end part of the extrusion slit forms the so-called braking zone 40. The inner wall of the braking zone 40 is formed by an outer wall of the fixed plate 41, which is held on the frame with the aid of a central bolt 42 and a flanged pipe (compare with Fig. 2). The braking zone 40 has an axial length of at least 5 mm. /9

During operation of the arrangement shown in the drawings, a plastified polyethylene terephthalate mass is fed under pressure from a worm press (not shown) in the direction of the arrow 7 to the ring-shaped extrusion slit 6. In the extrusion slit 6, the material is set unto rotation, which causes that the glass fibers are oriented in such a way that their longitudinal axes form an angle with the longitudinal axis of the ring slit and therefore are aligned at an angle to the longitudinal axis of the pipe to be built. Because the inner and outer wall of the ring slit rotate in opposite directions, the fibers intersect in the ring-shaped polymer particle flow, which forms the inner half of the wall, with those fibers in the polyester particle flow that form the other half of the wall. In the extrusion slit, the molding material is held in plastic condition in that the housing is heated in a corresponding way. At the right end (Fig. 2) of the extrusion slit, the molding material arrives to the braking zone 40 whose walls do not rotate, so that the rotation of the molding

material imparted in the previous zone is slowed. When leaving the braking zone 40, the still plastic pipe arrives in a calibration and cooling device connected directly to the braking zone 40, which is not shown and is known per se, in which the freshly extruded pipe is brought to the correct end measure and is cooled. /10

Patent Claims

1. Fiber reinforced pipes, wherein the fibers are distributed inside a matrix of a thermoplastic material and are essentially arranged so that their projection on the concentric surfaces on the longitudinal axis of the pipes runs at an angle to the longitudinal axis, characterized in that the length of the reinforcement fibers lies in the range of 0.2-5 mm, the volume content of fibers lies in the range of 5-45% of the pipe material, and the acute angle between the longitudinal axes of the fibers and the longitudinal axis of the pipe amounts to at least 5-10°, and preferably 45-90°.
2. Fiber reinforced pipes according to claim 1, characterized in that the crystallinity of the thermoplastic matrix material is constant in the pipe wall in the radial direction.
3. Fiber reinforced pipes according to claim 1, characterized in that the crystallinity of the thermoplastic matrix material is different inside the pipe wall in the radial direction.

4. Reinforced pipes according to claim 1 or 3, characterized in that the crystallinity of the thermoplastic material increases from about 5-10% in the inner and/or outer surface of the pipe wall to about 60-70% in the center of the pipe wall. /11
5. Fiber reinforced pipes according to claims 1-4, characterized in that the angle between the longitudinal direction of the fibers and the longitudinal axis of the pipe changes over the thickness of the pipe wall.
6. Fiber reinforced pipes according to claim 5, characterized in that the angle between the longitudinal direction of the fibers and the longitudinal axis of the pipe changes inside the pipe wall so that the longitudinal direction of the fibers on the outer surface of the pipe intersects with the longitudinal direction of the fibers in the vicinity of the inner surface of the pipe.
7. Fiber reinforced pipes according to claims 1-6, characterized in that the inner diameter of the pipe lies in the range of 400-1,000 mm.
8. Fiber reinforced pipes according to claims 1-7, characterized in that the thermoplastic matrix material is polyester of saturated diols and aromatic dicarboxylic acids.
9. Fiber reinforced pipes according to claims 1-8, characterized in that the polyester is essentially polyethylene terephthalate.

10. Fiber reinforced pipes according to claims 1-8,
characterized in that the polyester is essentially
polybutylene terephthalate.
11. Fiber reinforced pipes according to claims 1-7,
characterized in that the thermoplastic synthetic matrix
material is hexamethylene adipamide. /12
12. Fiber reinforced pipes according to claims 1-7,
characterized in that the thermoplastic synthetic material
is polypropylene.
13. Fiber reinforced pipes according to claims 1-7,
characterized in that the thermoplastic synthetic matrix
material is polyvinyl chloride.
14. Fiber reinforced pipes according to claims 1-13,
characterized in that the fibers are glass fibers.
15. Fiber reinforced pipes according to claims 1-13,
characterized in that the reinforcement is formed by carbon
fibers.
16. Fiber reinforced pipes according to claims 1-13,
characterized in that the reinforcement is formed by fibers
of polyparabenzamide.
17. Fiber reinforced pipes according to claims 1-13,
characterized in that the reinforcement is formed by fibers
of polyparaphenylene terephthalamide.
18. Fiber reinforced pipes according to claims 1-17,
characterized in that the reinforcement fibers consist of
the stretched threads.

19. Fiber reinforced pipes according to claims 1-18, characterized in that, vertical to the longitudinal direction of the pipe, the short-term tensile strength amounts to at least 4 KN/cm².
20. Fiber reinforced pipes according to claim 8, 9, or 10, characterized in that, vertical to the longitudinal direction of the pipe, the short-term tensile strength amounts to at least 10 KN/cm², preferably 16 KN/cm². /13
21. Fiber reinforced pipes according to claims 1-20, characterized in that, vertical to the longitudinal direction of the pipe, the long-term tensile strength, extrapolated over 50 years, amounts to at least 7.5 KN/cm² and preferably to 12 KN/cm².
22. Fiber reinforced pipes according to claims 1-21, characterized in that the pipe is provided on the inside and/or outside with a thin layer of a different thermoplastic plastic.
23. Process for producing fiber reinforced pipes according to claims 1-22, wherein the fibers are first distributed in a matrix of a thermoplastic synthetic material and are oriented so that their longitudinal direction forms an angle with the longitudinal direction of the pipes, for which a thermoplastic polymer is mixed with fibers and is guided under pressure to the inlet of a ring-shaped extrusion slit, and is brought into rotation via an inner and outer wall of the extrusion slit rotating in opposite directions, is the

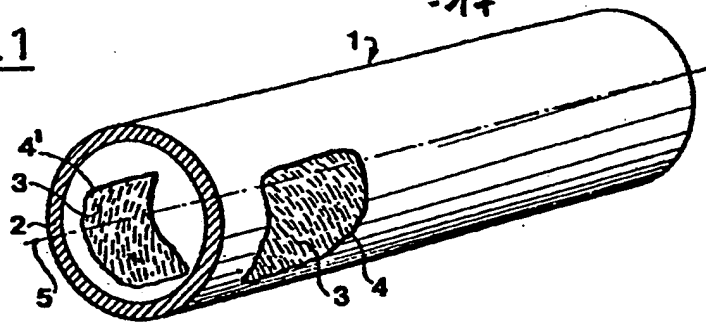
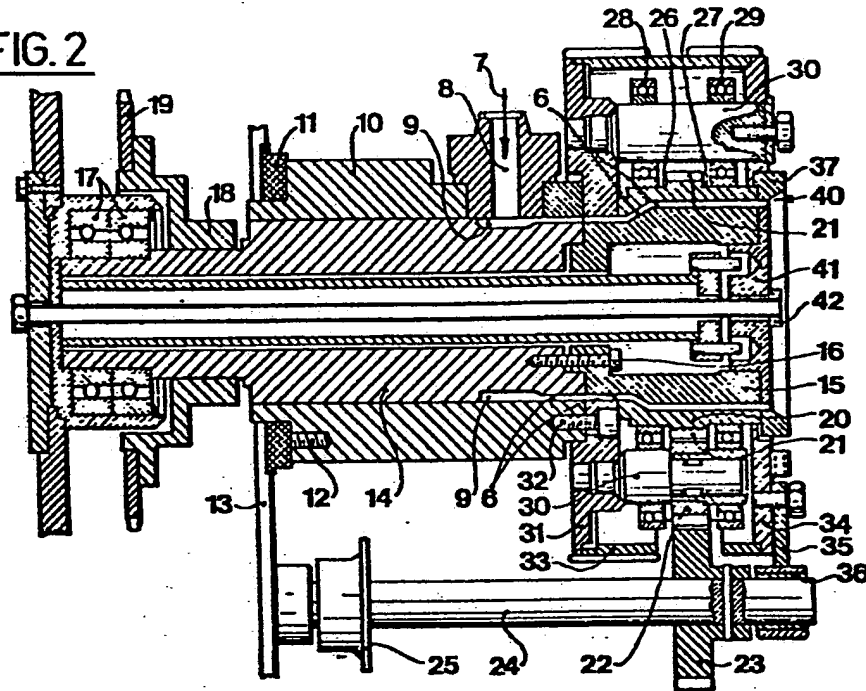
pressed on the opposite side of the extrusion slit of the polymer flow, and is molded and cooled with the aid of a calibration device into a pipe with the desired diameter, characterized in that, before the polymer flow reaches the cooling device, the same is guided through a braking zone.

24. Process according to claim 23, characterized in that the rotation of the polymer flow is slowed as well on the inside as also on the outside. /14
25. Process according to claim 24, characterized in that the slowing is produced by friction contact with the polymer flow.
26. Process according to claims 23-25, characterized in that the slowing takes place via fixed contact surfaces which are brought into contact with the polymer flow.
27. Process according to claims 23-26, characterized in that the braking zone extends in the axial direction of the pipe over a distance of at least 3 mm, but not more than 15 mm.
28. Process according to claim 27, characterized in that the distance in axial direction of the braking zone amounts to about 5 mm.
29. Process according to claims 23-28, characterized in that the braking zone is in direct connection with the ring-shaped extrusion slit whose inner and outer wall rotate in opposite directions.
30. Process according to claims 23-29, characterized in that the peripheral speed of the polymer flow due to the rotation is

at least three times as high as that of the axial extrusion speed of the polymer flow in the braking zone.

31. Process according to claim 30, characterized in that the named peripheral speed is ten times as high as the axial extrusion speed of the polymer flow in the braking zone. /15
32. Arrangement for carrying out the process according to claims 23-31 and for producing the fiber reinforced pipes according to claims 1-22, wherein the arrangement consists of a housing with an extrusion slit at whose inlet is arranged a connection for the molten polymer mixed with fibers and whose outlet is connected to a calibration and cooling device, wherein the inner and outer wall of the extrusion slit are rotatably mounted and are provided with drives for the rotation in opposite directions, characterized in that the outlet of the extrusion slit is connected with a non-rotatable braking zone, which is arranged ahead of the cooling arrangement.
33. Arrangement according to claim 32, characterized in that the non-rotatable braking zone has an axial length of 3-15 mm, preferably 5 mm.
34. Arrangement according to claims 32-33, characterized in that the inner and outer wall of the braking zone each is formed by a fixed ring.

35. Arrangement according to claim 34, characterized in that the outer fixed ring can be adjusted with the aid of adjusting screws.

FIG. 1FIG. 2FIG. 3